Mesure de la force électromotrice induite dans une boucle conductrice déplacée à travers un champ magnétique

Objectifs expérimentaux

- Mesure de la force électromotrice induite en fonction de la vitesse de la boucle conductrice
- Mesure de la force électromotrice induite en fonction de la largeur de la boucle conductrice
- Mesure de la force électromotrice induite en fonction de la densité de flux magnétique

Notions de base

Si une boucle conductrice se trouve dans un champ magnétique *B,* le flux magnétique qui la traverse est alors

$$\Phi = B \cdot A \qquad \text{(I)}$$

A est ici la surface délimitée par la boucle conductrice; elle est perpendiculaire au champ magnétique. Si on retire la boucle conductrice d'un champ magnétique, la surface *A* traversée par le champ magnétique diminue. Si on déplace une boucle conductrice rectangulaire de largeur *b* autour du segment *dx,* la surface change alors de la valeur $dA = -b \cdot dx$ et le flux magnétique varie donc lui aussi de la valeur $d\Phi = -B \cdot b \cdot dx$. La variation du flux par intervalle de temps *dt* est donc la suivante:

$$\frac{d\Phi}{dt} = -B \cdot b \cdot \frac{dx}{dt} \qquad \text{(II)}$$

Si on utilise une boucle conductrice ouverte, les électrons se déplacent jusqu'à ce que leur propre champ inverse compense la force de Lorentz. Une tension *U* proportionnelle à la variation du flux magnétique est induite à ses extrémités:

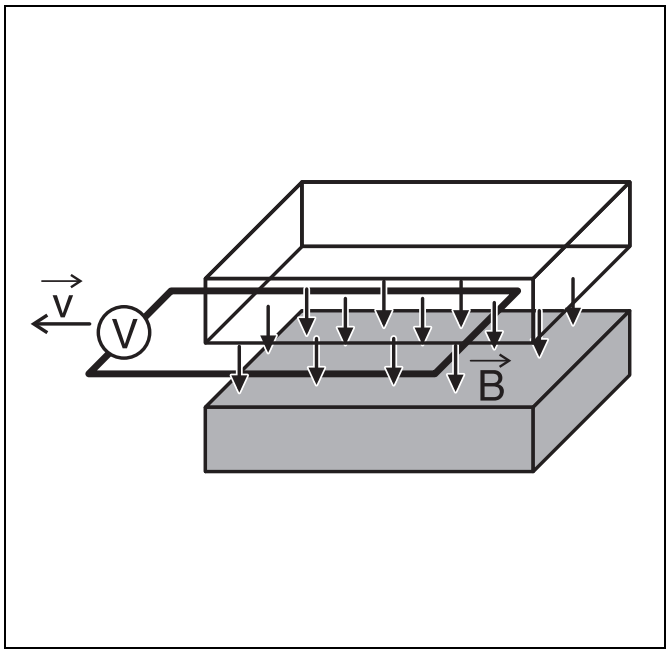
$$U = -\frac{d\Phi}{dt} \qquad \text{(III)}$$

Avec la vitesse

$$v = \frac{dx}{dt} \qquad \text{(IV)}$$

de la boucle conductrice, on obtient finalement pour la tension induite

$$U = B \cdot b \cdot v \qquad \text{(V)}$$



Dans l'expérience, trois boucles conductrices de largeur différente sont sur un chariot. Deux des boucles conductrices sont rectangulaires et sont de largeur b = 4 cm et b = 2 cm. La troisième est trapézoïdale avec une largeur effective b = 4 cm · cos 45° = 2,8 cm. Par l'intermédiaire d'un fil, on déplace le chariot avec les boucles conductrices pour le faire traverser un champ magnétique, à l'aide d'un moteur d'expériences. Il est possible de moduler la vitesse à laquelle ce chariot est tiré à travers le champ magnétique en enroulant le fil via un accouplement à axe étagé, donc de différents diamètres, le moteur tournant à vitesse constante. On renoncera à une mesure absolue de la vitesse du chariot; pour une vitesse de rotation constante du moteur, les vitesses pour des diamètres définis de l'axe se comportent comme 1:2:4.

Le champ magnétique est généré par des aimants permanents cylindriques disposés par paire et situés entre deux grandes plaques parallèles en fer. Des pièces polaires sont placées entre les plaques, sur toute la longueur de celles-ci; elles garantissent un champ magnétique suffisamment homogène en cas de répartition régulière des aimants. Pour modifier l'intensité du champ magnétique, il suffit de faire varier le nombre d'aimants permanents utilisés.

Matériel

1 appareil à induction avec boucles conductrices	516 40
6 paires d'aimants cylindriques	510 48
1 moteur d'expériences	347 35
1 unité de commande et de réglage pour 347 35	347 36
1 microvoltmètre	532 13

Montage

Des marques pour les positions des aimants sont indiquées sur l'appareil à induction. En cas d'emploi de n paires d'aimants (n = 2, 3, 4, 5, 6, 8), il faut à chaque fois installer un aimant à l'endroit désigné par n.

De légères variations du champ magnétique B sont inévitables. L'homogénéité peut être améliorée si on commence par placer tous les aimants au milieu du corps de base pour ensuite les déplacer régulièrement vers les marques de positionnement «8».

Faire attention à ce que les aimants entre les plaques en fer aient la même polarité. Les pôles sont caractérisés par des couleurs.

Le montage expérimental est représenté sur la fig. 1.

– Sortir le rail de guidage **(c)** pour le chariot de l'appareil à induction.
– Positionner les aimants à polarité identique entre les plaques en fer **(e)**, par paire à gauche et à droite du chariot.
– Placer l'accouplement **(a)** dans le mandrin de serrage du moteur d'expériences.
– Mettre le moteur d'expériences devant la face terminale du rail de guidage ainsi qu'illustré sur la fig. 1 et le brancher à l'unité de commande et de réglage.
– Enfiler le fil fixé au chariot **(d)** dans le perçage de la butée de fin de course **(b)** puis le placer dans la fente **(a)** de l'accouplement (voir fig. 2).
– Enrouler le fil en lui faisant faire environ un tour sur le bout d'axe de l'accouplement au diamètre le plus petit. Tenir compte du sens de rotation du moteur et veiller à ce que le fil de pêche coulisse bien.
– Faire un essai pour être sûr que le fil de pêche s'enroule bien sans se superposer car sinon le diamètre de l'enroulement et donc la vitesse du chariot ne resteraient pas constants lors de l'expérience.
– Brancher le câble blindé **(f)** du chariot au microvoltmètre et choisir la plage de mesure 10^{-4} V.

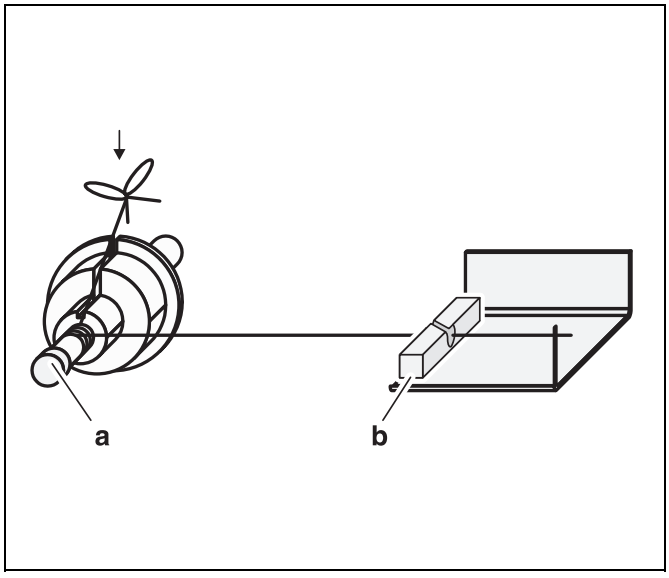
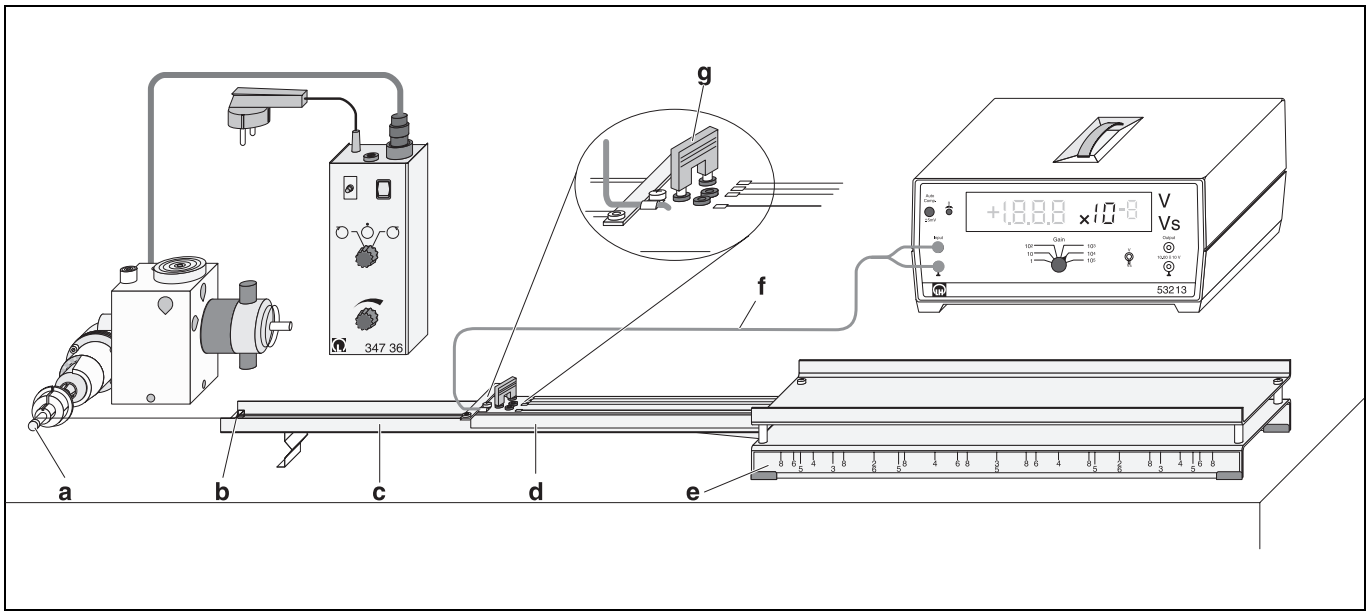


Fig. 2 Enfilage du fil de pêche dans le perçage de la butée de fin de course et fixation à l'accouplement limiteur de couple

Fig. 1 Montage expérimental



Réalisation

Pour protéger le microvoltmètre contre les surtensions en cas de refoulement rapide des boucles conductrices, il y a un microcommutateur **(h)** *à l'extrémité avant du chariot qui sépare l'appareil de mesure branché des boucles à induction (voir fig. 3):*
Ne renvoyer le chariot que lorsque le microcommutateur est enfoncé.

En renvoyant le chariot sur la butée placée sur le rail de guidage, l'accouplement glisse complètement. Cela évite la rupture du fil de pêche ou la chute du montage expérimental.

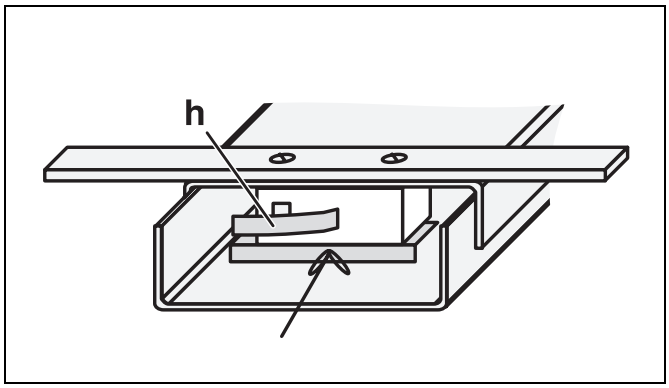


Fig. 3 Renvoi du chariot via le microcommutateur pour l'isolation galvanique entre le microvoltmètre et les boucles conductrices

a) Mesure de la force électromotrice induite en fonction de la vitesse de la boucle conductrice:

Contrôler l'offset du microvoltmètre au début de chaque mesure. Si besoin est, procéder à la mise à zéro de l'affichage en appuyant sur le bouton-poussoir «Auto Comp» et éventuellement par réglage de précision sur le potentiomètre d'offset (voir mode d'emploi du microvoltmètre).

– En enfichant le cavalier **(g)** sur le chariot, brancher la boucle conductrice la plus large (b = 4 cm) (voir fig. 1).
– Choisir le plus petit diamètre de l'axe de l'accouplement, mettre le moteur d'expériences en marche et régler la vitesse de rotation de manière à ce qu'une force électromotrice induite d'environ 50 mV soit affichée sur le microvoltmètre. Arrêter le moteur d'expériences sans dérégler le bouton de réglage de la vitesse de rotation et renvoyer le chariot alors que le microcommutateur est enfoncé. Pour finir, noter la valeur exacte de la tension.
– Choisir le diamètre moyen de l'axe, mettre le moteur d'expériences en marche, mesurer la force électromotrice induite et la noter.
– Recommencer la mesure avec le plus grand diamètre de l'axe.

b) Mesure de la force électromotrice induite en fonction de la largeur de la boucle conductrice:

– En modifiant la position du cavalier **(g)**, brancher la boucle conductrice trapézoïdale (b = 2,8 cm).
– Choisir le plus grand diamètre de l'axe et mettre le moteur d'expériences en marche, mesurer la force électromotrice induite et la noter.
– Brancher la boucle conductrice étroite (b = 2 cm) en modifiant la position du cavalier et recommencer la mesure.

c) Mesure de la force électromotrice induite en fonction de la densité de flux magnétique:

L'inhomogénéité du champ augmente au fur et à mesure que le nombre de paires d'aimants diminue. Pour qu'elle soit la plus faible possible, les aimants permanents sont placés exactement aux marques de positionnement spécifiées.

– En changeant le cavalier **(g)** de place, brancher la boucle conductrice large (b = 4 cm).
– Enlever deux paires d'aimants de l'appareil à induction et disposer les six paires d'aimants restantes sur les marques de positionnement «6».
– Choisir le plus grand diamètre de l'axe et mettre le moteur d'expériences en marche, mesurer la force électromotrice induite et la noter.
– Recommencer à chaque fois les mesures avec n = 5, 4, 3 et 2 paires d'aimants tout en disposant les paires d'aimants aux marques de positionnement correspondantes.

Exemple de mesure et exploitation

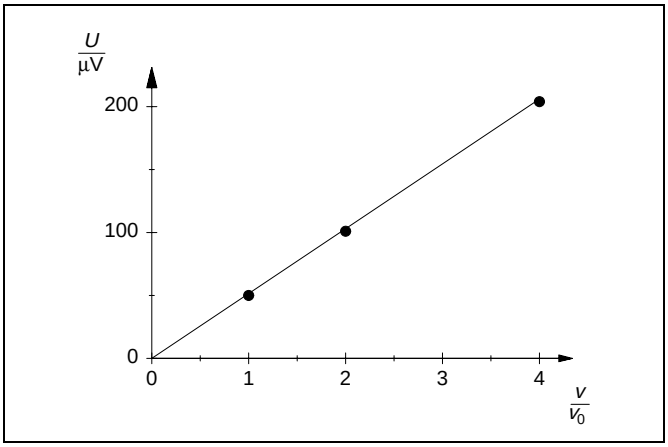
a) Influence de la vitesse *v* de la boucle conductrice:

Tab. 1: Force électromotrice induite U en fonction de la vitesse v de la boucle d'induction (n = 8 , b = 4 cm)

$\frac{v}{v_0}$	$\frac{U}{\mu V}$
1	50
2	101
4	204

La proportionnalité entre la force électromotrice induite U et la vitesse de la boucle est vérifiée sur la fig. 4.

Fig. 4 Force électromotrice induite en fonction de la vitesse



b) Influence de la largeur *b* des boucles conductrices:

Tab. 2 : Force électromotrice induite U en fonction de la largeur b de la boucle d'induction (n = 8 , v = 4 v_0)

$\frac{b}{\text{cm}}$	$\frac{U}{\mu V}$
4	204
2,8	146
2	108

La proportionnalité entre la force électromotrice induite U et la largeur b de la boucle est vérifiée sur la fig. 5.

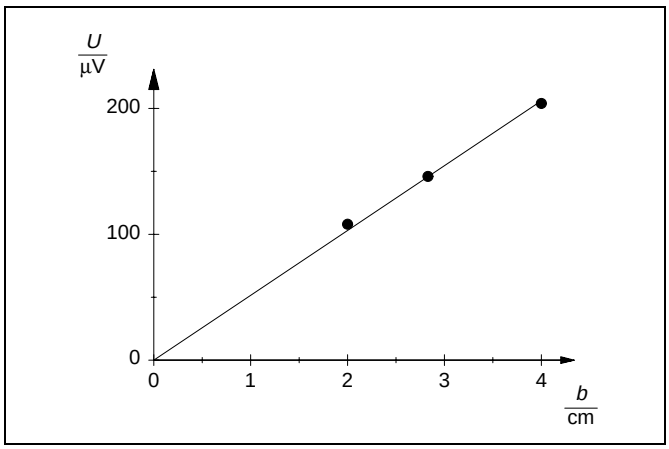


Fig. 5 Force électromotrice induite en fonction de la largeur de boucle

c) Influence de la densité de flux magnétique:

Tab. 3 : Force électromotrice induite U en fonction du nombre n de paires d'aimants (v = 4 v_0, b = 4 cm)

n	$\frac{U}{\mu V}$
8	204
6	160
5	138
4	108
3	80
2	54

La proportionnalité entre la force électromotrice induite U et le champ magnétique B est vérifiée sur la fig. 6.

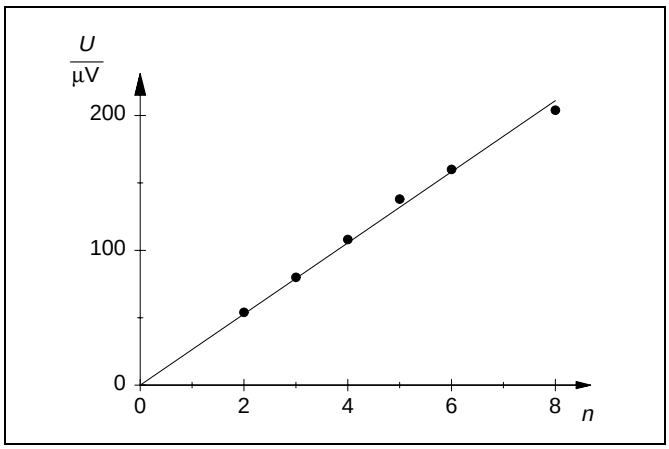


Fig. 6 Force électromotrice induite en fonction du nombre de paires d'aimants

© by Leybold Didactic GmbH
Printed in the Federal Republic of Germany
Technical alterations reserved